

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 593 799 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**03.01.1996 Patentblatt 1996/01**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B21D 22/18**

(21) Anmeldenummer: **92117831.5**

(22) Anmeldetag: **19.10.1992**

**(54) Verfahren und Vorrichtung zum Verformen eines Blechrohrlings**

Method of and device for shaping a blank of sheet

Procédé et dispositif pour façonner un flan en tôle

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR IT**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.04.1994 Patentblatt 1994/17**

(73) Patentinhaber: **ZEPPELIN-Metallwerke GmbH**  
**D-88015 Friedrichshafen (DE)**

(72) Erfinder: **Sieger, Erich**  
**W-7990 Friedrichshafen 5 (DE)**

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey,**  
**Stockmair & Schwanhäusser**  
**Anwaltssozietät**  
**D-80538 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 457 358 DE-A- 1 527 973**  
**US-A- 3 342 051 US-A- 3 815 395**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 0 593 799 B1**

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verformen eines Blechrohrlings aus einem Werkstoff mit exponentialem Zugspannungs-Dehnungs-Verhalten und eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung.

In der Raum- und Luftfahrtindustrie wird Titan und seine Legierungen wegen des geringen Gewichtes und der guten Korrosionsbeständigkeit zunehmend für Treibstoffbehälter oder dgl. eingesetzt. Die für diesen Zweck besonders geeigneten Titan- $\beta$ -Legierungen sind jedoch nur unzureichend kaltumformbar. Diese Legierungen haben ein exponentiales Zugspannungs-Dehnungs-Verhalten, wie dies anhand eines schematischen Spannungs-Dehnungs-Diagramms in Fig. 1 dargestellt ist. Das Diagramm zeigt, daß die Titan- $\beta$ -Legierungen nicht die übliche Kaltverfestigung aufweisen, so daß beim Zugversuch unter Raumtemperatur oberhalb der Streckgrenze, im plastischen Bereich, eine Einschnürung und danach der Bruch ohne weitere Steigerung der Zugspannung erfolgt. Dies wirkt sich in starkem Maße auf die Kaltverformbarkeit dieser Werkstoffe aus. Bereits bei einer sehr geringen prozentualen Kaltumformung besteht die Gefahr, daß entweder Ermüdungsrisse auftreten oder das Material unkontrolliert ausbeult, wenn das Material nicht nach jedem, sehr geringen Umformschritt einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Die für diese Werkstoffe problemloseste Kaltumformung ist das Kaltwalzen, durch das jedoch lediglich plane Bleche hergestellt werden können.

Insbesondere Schalen mit einem größeren Durchmesser (über 600mm), einer geringen Wandstärke (unter 3mm) und/oder einer hohen Wölbung (Halbkugel) wurden bisher nur durch Warmumform-Verfahren hergestellt, wobei anschließend auf die gewünschte geringe Wandstärke spanabhebend abgedreht werden mußte.

Bei höheren Temperaturen weist Titan und seine Legierungen jedoch eine hohe Affinität zu Luftbestandteilen auf, durch die sich einerseits eine Korrosionsschicht an der Oberfläche des Werkstoffes bildet und durch die andererseits der Werkstoff durch Wasserstoffaufnahme versprödet. Beides ist höchst unerwünscht und nur zu verhindern bzw. zu beseitigen, wenn entweder die Erwärmung (zur Warmumformung bzw. zur Wärmebehandlung) in einer Schutzgasatmosphäre erfolgt bzw. die korrodierte Schicht mechanisch abgetragen oder die Versprödung durch Wärmebehandlung rückgängig gemacht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren und eine Vorrichtung zum Kaltumformen eines Werkstoffes mit exponentialem Zugspannungs-Dehnungs-Verhalten zu hohlen Schalen geringer Wandstärke zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

Es wurde festgestellt, daß die oben erwähnten Fehler, wie beispielsweise Ermüdungsrisse oder Ausbeulen,

beim erfindungsgemäßen Kaltumformen dieser Werkstoffe auch bei hohen Umformgraden über 40% nicht auftreten, wenn der Werkstoff keinerlei Zugkräften im plastischen Bereich ausgesetzt wird und die Verformung lediglich durch Druckkräfte erfolgt, die von den beiden gegenüberliegenden Drückrollen auf das Werkstück ausgeübt werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, hohle Schalen mit einem großen Durchmesser und relativ dünner Wandstärke bis auf Endmaß durch Kaltumformung herzustellen, ohne daß Ermüdungsrisse bzw. ein Ausbeulen festgestellt werden kann und ohne daß die mit einer Erhitzung des Werkstoffes einhergehenden Probleme auftreten. Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielbare hohe Kaltumformungsgrad bewirkt eine Kornverfeinerung im Gefüge der Titan- $\beta$ -Legierung, die wiederum in einer höheren Festigkeit und Zähigkeit resultiert, so daß der tragende Querschnitt und somit das Gewicht weiter verringert werden kann. Darüber hinaus führt der hohe Kaltumformungsgrad in Umfangsrichtung zu einer Veränderung der Textur der ursprünglichen Walzrichtung des kaltgewalzten Blechrohrlings, so daß die mit dieser Textur einhergehende Gefahr eines Eigenspannungsverzugs verringert wird. Die über die Drückrollen aufzubringenden Druckkräfte können sehr genau dosiert werden, so daß sich nicht nur Schalen mit konstanter Wanddicke sondern auch sich über den Umfang der Schale verändernder Wanddicke ohne weiteres herstellen lassen. Darüber hinaus kann durch Verwendung von zwei Rollen die beim Auswölben von Blechen auftretende Rückfederung so genau beherrscht werden, daß die Schalen mit einer sehr hohen Maßgenauigkeit hergestellt werden können. Da weder eine Schutzgasatmosphäre noch wiederholte Zwischenglühungen notwendig sind, ist das erfindungsgemäße Verfahren einfach und schnell durchzuführen.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Ansprüchen 2 bis 4 zu entnehmen.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 5 gelöst.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird das Werkstück drehend und die Drückrollen bahngesteuert angetrieben. Diese Aufteilung der Relativbewegungen trägt dazu bei, während der Verformung Zugspannungen im plastischen Bereich zu verhindern. Aus der US-PS 3 815 395 ist es zwar bereits bekannt, Tankböden mit Hilfe zweier an gegenüberliegenden Seiten des Werkstückes angreifender Drückrollen zu formen, bei der dort beschriebenen Vorrichtung ist jedoch das Werkstück mittig eingespannt und frei drehbar gelagert, während die Drückrollen sowohl rotierend angetrieben als auch über eine vorbestimmte, radiale Bahn geführt werden (wodurch sich das Werkstück dreht). Durch diese Überlagerung der Bewegungssteuerung ist es nicht zu vermeiden, daß lokale Zugspannungen aufgebracht werden. Die Vorrichtung ist demgemäß auch nur entweder für eine Warmumformung oder für Werkstoffe mit normaler Kaltverfestigung brauchbar.

Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind den Unteransprüchen 6 bis 11 zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein wahres, schematisch dargestelltes Zugspannungs-Dehnungs-Diagramm einer Titan- $\beta$ -Legierung, und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung im Teilschnitt.

Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung 1 zum Kaltumformen von (gestrichelt gezeichneten) Blechrohlingen 2' zu hohlen Schalen 2, die außer der gezeichneten Halbkugelform auch kugelförmig, konisch, elliptisch oder mit anderen Querschnittsformen geformt sein können. Der Blechrohling 2' liegt als Blechrunde aus einem Werkstoff mit der in Fig. 1 dargestellten, exponentialen Zugspannungs-Dehnungs-Charakteristik vor. Zu diesen Werkstoffen gehören die Titan- $\beta$ -Legierungen Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn (Ti15-3) und Ti-3Al-15Mo-2,7Nb-0,2Si (Beta-21S). Die Blechdicke des Rohlings 2' liegt normalerweise über der gewünschten Blechdicke der fertigen Schale, kann jedoch in bestimmten Bereichen (Öffnungsnähe, Pol) bereits Endmaß aufweisen. Falls die fertige Schale 2 größere Wanddickenunterschiede aufweisen soll, kann es zweckmäßig sein, die Blechrunde mit verschiedenen Rohwanddicken vorab zu konturieren, z.B. durch Abdrehen oder Abschleifen. Der Durchmesser der Blechrunde 2' wird entsprechend der gewünschten Öffnungsweite der fertigen Schale plus Einspannmaß gewählt. Mit dem vorliegenden Verfahren können Schalen mit einer Öffnungsweite über 600mm hergestellt werden, die bisher durch Kaltumformungen nicht herstellbar waren. Es sind sogar Öffnungsweiten von 1500 bzw. 2500mm und darüber möglich. Bevorzugte Anwendung findet das erfindungsgemäße Verfahren für dünnwandige Schalen mit Wandstärken zwischen 0,3 und 3mm.

Der Blechrohling 2' wird in der Vorrichtung 1 durch eine Spannvorrichtung 3 gehalten, die einen Spannring 4 zum gleichmäßigen Einspannen des Umfangs des Blechrohlings 2' aufweist. Die Spanneinrichtung 3 ist gegebenenfalls verstellbar, um das Einspannen von Rohlingen 2' mit unterschiedlichem Durchmesser zu gestatten. Der Spannring 4 ist über ein als Wälzlager ausgebildetes Drehlager 5 um eine Mittellinie 6 in Richtung des Pfeiles 6a drehbar gelagert. Die Drehung erfolgt durch einen Antrieb 7, der einen Motor 8 und ein Antriebsritzel 9 aufweist, das mit einer entsprechend ausgebildeten Verzahnung am Spannring 4 kämmt.

Beidseitig der Spanneinrichtung 3 befindet sich jeweils ein Werkzeugträger 10 und 11. Jeder der Werkzeugträger 10, 11 ist in einer ersten Richtung in Richtung der Doppelpfeile 10a bzw. 11a parallel zur Mittellinie 6, und in einer zweiten Richtung in Richtung der

Doppelpfeile 10b bzw. 11b senkrecht zur Mittellinie 6 linear verschiebbar. Die Bewegungsrichtung 10a und 10b bzw. 11a und 11b liegen in einer Ebene. An dem der Spanneinrichtung 6 zugewandten Ende jedes Werkzeugträgers 10, 11 ist jeweils ein Arm 12 bzw. 13 um eine Achse 12' bzw. 13' in Richtung der Doppelpfeile 12a bzw. 13a verdrehbar. Die Achsen 12' bzw. 13' stehen senkrecht auf der Bewegungsebene der Linearverschiebungen 10a, 10b bzw. 11a, 11b, so daß die Verdrehbewegung 12a, 13a in der Ebene der Linearbewegungen 10a, 10b bzw. 11a, 11b erfolgt. Zum Verschwenken der Arme 12 und 13 in Richtung der Doppelpfeile 12a, 13a ist ein geeigneter Stellantrieb 14 bzw. 15 vorgesehen, der gleichzeitig die Verformungskraft aufbringt. Auch zum Verschieben jedes Werkzeugträgers 10, 11 in Richtung der Doppelpfeile 10a, 10b bzw. 11a, 11b ist ein nicht-gezeichneter Antrieb vorhanden.

An den freien Enden jedes Arms 12, 13 ist jeweils eine Drückrolle 16, 17 um eine Achse 16' bzw. 17' frei drehbar gelagert. Die Achsen 16' bzw. 17' erstrecken sich senkrecht zur Schwenkachse 12' bzw. 13' des jeweiligen Arms 12, 13 und sind so angeordnet, daß jede der Drückrollen 16, 17 mit ihrem Umfang über den jeweiligen Arm 12, 13 vorsteht und mit dem vorstehenden Teil ihres Umfangs mit dem Werkstück 2', 2 in Kontakt gebracht werden kann. Die Drückrollen 16, 17 sind weiterhin in Drehrichtung des Werkstückes 2', 2 angeordnet, so daß sie vom sich drehenden Werkstück um ihre Achsen 16', 17' gedreht werden können.

Die erste, an der Innenseite der zu fertigenden Wölbung angreifende Drückrolle 16 ist relativ schmal und mit einem abgerundeten Umfang versehen, so daß auch bei engen Wölbungen nur der Umfang der ersten Drückrolle 16 mit dem Werkstück 2', 2 in Kontakt kommt. Die an der Außenseite der zu fertigenden Wölbung angeordnete, zweite Drückrolle 17 ist als Gegenrolle ausgebildet, gegen die die erste Drückrolle 16 arbeitet.

Der Antrieb der Spannvorrichtung 3, die Stellantriebe 14 und 15 sowie die nicht gezeichneten Antriebe zum Bewegen der Werkzeugträger 10, 11 in die Richtungen 10a, 10b bzw. 11a, 11b sind mit einer gemeinsamen, ebenfalls nicht gezeichneten Steuerung verbunden. Die Steuerung kann eine CNC-Steuerung, eine Kopiersteuerung mit Schablonen oder irgendeine andere, bekannte Steuerung sein. Durch diese Steuerung werden die Drückrollen 16 und 17 während des Umformvorganges synchron geführt, so daß am Ort der Verformung immer beide Drückrollen 16, 17 gegeneinander arbeiten. Dabei werden beide Drückrollen 16, 17 durch eine kombinierte lineare Bewegung entlang der Doppelpfeile 10a, 10b bzw. 11a, 11b und eine Schwenkbewegung entlang der Doppelpfeile 12a, 13a jeweils in Richtung ihrer Achsen 16', 17' über eine Bahn entlang der Doppelpfeile 16a und 17a gesteuert, die der Kontur der in diesem Verformungsschritt auszubildenden Wölbung folgt. Die Bahnen 16a bzw. 17a der Drückrollen 16 bzw. 17 erstrecken sich radial zum Blechrohling 2' bzw. über einen Meridian der Wölbung, wobei die gemeinsame Ebene, in der die Bahnen 16a und 17a liegen, die

Mittellinie 6 schneidet. Die Richtung der Verformung erfolgt vom Bereich nahe des Spannrings 4 zum Durchstoßpunkt der Mittellinie 6 durch das Werkstück 2', 2 am Pol und zurück, wobei sich die Rollen 16, 17 in der durchgezogen gezeichneten Stellung in Fig. 2 in der Nähe eines Umkehrpunktes der Bahnsteuerung und in der gestrichelt gezeichneten Stellung in der Nähe des anderen Umkehrpunktes der Bahnsteuerung befinden. Dabei erfolgt die Bahnsteuerung derart, daß sich beide Drückrollen 16, 17 nur um den Mittelpunkt der Krümmung ihrer Umfangsflächen (Radius R) in ihrer Stellung relativ zueinander verschwenken können, um keine Reibungskräfte zu erzeugen.

Die Steuerung bewirkt weiterhin eine Zustellbewegung der Drückrolle 16 in Richtung auf die Gegenrolle 17 und von ihr weg, um den Abstand zwischen den beiden Drückrollen 16 und 17 auf die sich im Verlaufe des Verformungsvorganges verringernden Wandstärken des Werkstückes 2', 2 einzustellen. Diese Zustellbewegung kann während des Verformungsvorganges erfolgen und beispielsweise durch Drucksensoren an den Drückrollen gesteuert werden. Darüber hinaus ist auch eine vorab festgelegte Steuerung des Rollenabstandes möglich, wenn Bereiche des Werkstückes 2', 2 unterschiedlich stark verformt werden sollen, z.B. um die Schalen 2 mit unterschiedlichen Wandstärken zu versehen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 arbeitet wie folgt: Nach dem Einspannen der Blechrunde 2' wird der Spannring 4 durch den Antrieb 7 um die Mittellinie 6 in Richtung des Pfeiles 6a gedreht. Dann werden die Drückrollen 16 und 17 mit einem vorbestimmten Abstand zueinander von gegenüberliegenden Seiten her an den Rohling 2' herangeführt und radial zum Rohling 2' in einer für den ersten Verformungsschritt vorgegebenen Bahn 16a bzw. 17a über den Rohling 2' geführt, so daß sich in Verbindung mit der Drehung des Rohlings 2' eine spiralförmig um die Mittellinie 6 verlaufende Verformungslinie ergibt. Die Drehzahl des Spannrings 4, der Abstand der Drückrollen 16, 17 sowie die Form und Geschwindigkeit der Bahnsteuerung in Richtung der Pfeile 16a und 17a werden derart aufeinander und auf den verwendeten Werkstoff abgestimmt, daß durch die Drückrollen 16 und 17 allein Druckkräfte zum Verformen des Werkstoffes ausgeübt werden, während sich eventuell einstellende Zugkräfte in ihrer Größe unterhalb der Streckgrenze des Werkstoffes bleiben und somit keinen Beitrag zur plastischen Verformung leisten. Der Werkstoff wird somit zwischen den Drückrollen 16 und 17 lediglich gequetscht, wobei dem Werkstoff gestattet wird, sich im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Druckkräfte zu längen. Durch die Bahnsteuerung der Drückrollen 16, 17 wird sichergestellt, daß diese Materiallängung nicht zum Ausbeulen führt, sondern die gewünschte Wölbung formt, ohne daß dafür, wie bei herkömmlichen Druckverfahren, das Material durch Zugspannungen gedehnt werden müßte.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wurde z.B. eine Tankhalbschale aus der Titanlegierung Ti 15-3

geformt. Als Rohling wurde eine Blechrunde mit einem Durchmesser von 510mm mit einer Schneidrollenmaschine aus einem kaltgewalzten Blech in lösungsgeglühtem und abgeschrecktem Zustand, Blechstärke 2,08mm, ausgeschnitten. Die Blechrunde wurde mit Hilfe zweier Drückrollen nur unter Anwendung von Druckkräften in 28 Umformschritten ohne Zwischenglühlung zu einer halbkugelförmigen Schale mit einem Öffnungsdurchmesser von 444,8mm, einer unveränderten Wandstärke von 2,08mm direkt am Pol, einer Wandstärke von 2mm im Winkelabstand von etwa 5° zum Pol, einer Wandstärke von 1,32mm direkt benachbart der Einspannstelle an der Schalenöffnung und einem bis auf etwa 0,76mm abfallenden und anschließend kontinuierlich wieder ansteigenden Wandstärkenverlauf, verformt. In der fertigen Tankhalbschale wurden weder Ermüdungsrisse noch Formdiskontinuitäten, wie beispielsweise Falten oder Beulen, festgestellt. Die Maßabweichungen zur vorgegebenen Form und Wandstärke (geringste erreichte Wandstärke 0,76; Vorgabe 0,8mm; erzielter Öffnungsdurchmesser 444,8mm, Vorgabe 445mm) lagen innerhalb des Toleranzbereichs. Diese Maßabweichungen waren darauf zurückzuführen, daß bei der verwendeten Vorrichtung die Drückrollen 16, 17 nicht verschwenkbar, d.h. nicht mit den Achsen 12a, 13a am Werkzeugträger 10, 11 gelagert waren. Darüber hinaus wurde die an der Innenseite der Schale angreifende Drückrolle 16 durch eine induktive Kopierereinrichtung nach einer Kopierschablone und die Gegenrolle 17 von Hand über Hydraulikventile bahngesteuert.

Es wurde weiterhin eine Tankhalbschale mit einem Öffnungsdurchmesser von 950mm hergestellt. Als Ausgangsmaterial diente eine vorkonturierte Blechrunde, deren Blechdicke in der Nähe ihres Mittelpunktes 3,2mm und im übrigen, äußeren Randbereich 2,1mm betrug. Der Übergang zwischen den beiden Wandstärkenbereichen war ausgerundet. Die Konturierung erfolgte durch speziell für Titanlegierungen entwickelte Schleif- oder Drehbearbeitungsverfahren. Diese vorkonturierte Blechrunde wurde nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu einer Tankhalbschale mit einem Öffnungsdurchmesser von 950mm kalt und ohne Zwischenglühen verformt. Dabei wurde auch das Material im Polbereich der Schale verformt und damit gestreckt, so daß sich die Wandstärke im Pol auf 3,0mm reduzierte. Die Wandstärke im Öffnungsbereich der Schale betrug 1,2mm. Zwischen der Schalenöffnung und dem Pol verjüngte sich zunächst die Wandstärke auf 0,8mm und stieg dann kontinuierlich wieder an. Der Dickensprung der vorkonturierten Blechrunde wurde zwar etwas ausgeglichen, war aber noch sichtbar. Auch diese Tankhalbschale zeigte nach der Verformung weder Ermüdungsrisse noch Formdiskontinuitäten, wie Falten oder Beulen.

Durch eine geeignete Bahnsteuerung der Drückrollen können außer den beschriebenen Schalen mit sich kontinuierlich ändernden Wandstärken auch Schalen mit einer nahezu konstanten Wandstärke hergestellt werden.

In Abwandlung des beschriebenen und gezeichneten Ausführungsbeispiels können wie bereits erwähnt, die Drückrollen auch nur zweiachsig linear bewegt werden, wenn größere Herstellungstoleranzen erlaubt sind. Die Form und Größe der Drückrollen kann gemäß der zu leistenden Verformungsarbeit verändert werden. Dabei können beide Drückrollen die gleiche Form aufweisen. Unter Umständen kann anstelle der Blechrolle auch ein bereits vorgeformter Rohling eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verformen eines Blechrohrlings (2') aus einem Werkstoff mit exponentialem Zugspannungs-Dehnungs-Verhalten, insbesondere einer Titan- $\beta$ -Legierung, zu einer dünnwandigen, hohlen Schale (2), insbesondere mit einer Wandstärke zwischen 0,3 und 3mm, wobei der Blechrohrling (2') umfangsseitig eingespannt, um seine Mittellinie (6) rotierend gedreht und zwischen einer ersten und einer zweiten, an gegenüberliegenden Seiten des Blechrohrlings (2') angreifenden, bahngesteuerten Drückrolle (16, 17) allein durch lokale Druckkräfte zur Schale (2) kaltverformt wird, wobei die Relativgeschwindigkeit zwischen Werkstück (2', 2) und Drückrollen (16, 17) und die von den Drückrollen (16, 17) auf das Werkstück (2', 2) ausgeübte Kraft derart aufeinander abgestimmt werden, daß in das Werkstück (2', 2) eingebrachte Zugkräfte unterhalb der Streckgrenze des Werkstoffes liegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bahnsteuerung der Drückrollen (16, 17) wenigstens in zwei Richtungen (10a, 10b, 11a, 11b) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drückrollen (16, 17) beim Verformen vom Umfang des Werkstückes (2', 2) in Richtung (16a, 17a) auf die Mittellinie (6) und zurück in einer sich im wesentlichen durch die Mittellinie (6) erstreckenden Ebene bewegt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drückrollen (16, 17) frei um ihre Rollenachse (16', 17') drehbar sind.
5. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer ringförmig angeordneten Spanneinrichtung (3) zum Einspannen eines Umfangsbereichs eines Blechrohrlings (2'), mit einem Antrieb (7) zum rotierenden Antreiben der Spanneinrichtung (3) um eine senkrecht zur Ebene des Blechrohrlings (2') verlaufende Mittellinie (6), mit einer ersten an einer Seite der Spanneinrichtung (3) und einer zweiten, an der anderen Seite der Spanneinrichtung (3) angeordneten, bahngesteuerten Drückrolle (16, 17) und

einer Steuerung zum Bahnsteuern der Drückrollen (16, 17).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drückrollen (16, 17) wenigstens zwei Bewegungsrichtungen (10a, 10b, 11a, 11b) aufweisen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drückrollen (16, 17) wenigstens drei Bewegungsrichtungen (10a, 10b, 12a, 11a, 11b, 13a) aufweisen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede der Drückrollen (16, 17) über einen um eine Drehachse (12', 13') bewegbaren Arm (12, 13) auf einem Werkzeugträger (10, 11) angeordnet ist, der in zwei zueinander senkrechten Richtungen (10a, 10b, 11a, 11b) parallel sowie quer zur Mittellinie (6) linear verschiebbar ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drückrollen (16, 17) über eine senkrecht zur Drehachse (12', 13') des Arms (12, 13) verlaufende Rollenachse (16', 17') frei drehbar am Arm (12, 13) angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung eine CNC-Steuerung ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung eine Kopiersteuerung nach Schablonen enthält.

#### Claims

1. A method for forming a sheet-metal blank (2') made from a material with exponential tensile stress/extension behaviour, more particularly a titanium- $\beta$  alloy, in order to produce a thin-walled hollow shell (2), more particularly with a wall thickness between 0.3 and 3 mm, the sheet-metal blank (2') being clamped at its periphery, rotated so as to turn about its centre line (6), and cold-formed purely by means of localised pressure forces between first and second pressure rollers (16, 17) controlled by a continuous path control system and engaging on opposed sides of the blank (2'), thus producing the shell (2), the relative speed between the workpiece (2', 2) and the pressure rollers (16, 17) and the force exerted by the pressure rollers (16, 17) on the workpiece (2', 2) being matched to one another in such a manner that the tensile forces introduced into the workpiece (2', 2) are below the yield point of the material.
2. A method according to claim 1, characterised in that the continuous path control of the pressure roll-

- ers (16, 17) takes place in at least two directions (10a, 10b, 11a, 11b).
3. A method according to claim 1 or 2, characterised in that during forming, the pressure rollers (16, 17) are displaced from the periphery of the workpiece (2', 2) in the direction (16a, 17a) of the centre line (6) and back again, in a plane extending substantially through the centre line (6).
  4. A method according to one of claims 1 to 3, characterised in that the pressure rollers (16, 17) are freely rotatable about their axes (16', 17').
  5. A device for carrying out the method according to one of claims 1 to 4, with:
    - an annularly arranged clamping device (3) for clamping a peripheral region of a sheet-metal blank (2');
    - a drive unit (7) for rotational driving of the clamping device (3) about a centre line (6) extending perpendicularly to the plane of the sheet-metal blank (2');
    - first and second pressure rollers (16, 17) controlled by a continuous path control system, one roller being arranged on one side of the clamping device (3) and the other being arranged on the other side of the clamping device (3); and
    - a control means for the continuous path control of the pressure rollers (16, 17).
  6. A device according to claim 5, characterised in that the pressure rollers (16, 17) have at least two directions of movement (10a, 10b, 11a, 11b).
  7. A device according to claim 5, characterised in that the pressure rollers (16, 17) have at least three directions of movement (10a, 10b, 12a, 11a, 11b, 13a).
  8. A device according to claim 7, characterised in that each of the pressure rollers (16, 17) is arranged on a tool support (10, 11) via an arm (12, 13) which is movable about an axis (12', 13') of rotation, the said tool support being linearly displaceable both parallel and transversely to the centre line (6) in two mutually perpendicular directions (10a, 10b, 11a, 11b).
  9. A device according to one of claims 5 to 8, characterised in that the pressure rollers (16, 17) are [each] arranged so as to be freely rotatable on the arm (12, 13), via a roller axis (16', 17') extending perpendicularly to the axis (12', 13') of rotation of the arm (12, 13).
  10. A device according to one of claims 5 to 9, characterised in that the control means is a CNC control.

11. A device according to one of claims 5 to 9, characterised in that the control means comprises a tracer control using templates.

## 5 Revendications

1. Procédé pour former un flan de tôle (2') en un matériau ayant une caractéristique exponentielle de contrainte en traction-allongement notamment en un  $\beta$ -alliage de titane, pour obtenir une coquille creuse à paroi mince (2), ayant notamment une épaisseur de paroi comprise entre 0,3 et 3 mm, dans lequel le flan de tôle (2') est bridé du côté de la périphérie, entraîné en rotation autour de sa ligne médiane (6) et formé à froid en une coquille (2) par les seules forces de pression locales, entre un premier et un deuxième galet presseur (16, 17) commandés en continu, attaquant le flan de tôle à partir de côtés opposés, la vitesse relative entre la pièce à usiner (2', 2) et les galets presseurs (16, 17) et la force exercée par les galets presseurs (16, 17) sur la pièce (2', 2) étant réglées l'une sur l'autre de telle sorte que des forces de traction introduites dans la pièce (2', 2) se trouvent en-dessous de la limite élastique du matériau.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la commande continue des galets presseurs (16, 17) s'effectue au moins dans deux directions (10a, 10b, 11a, 11b).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les galets presseurs (16, 17), lors du formage, sont déplacés de la périphérie de la pièce à usiner (2', 2) en direction (16a, 17a) de la ligne médiane (6) et reviennent, dans un plan s'étendant sensiblement à travers la ligne médiane (6).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les galets presseurs (16, 17) peuvent tourner librement autour de leur axes (16', 17').
5. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comportant un dispositif de bridage (3) disposé en anneau pour brider une zone périphérique d'un flan de tôle (2') un dispositif d'entraînement (7) pour entraîner en rotation le dispositif de bridage (3) autour d'une ligne médiane (6) s'étendant perpendiculairement au plan du flan de tôle (2'), un premier galet presseur (16) disposé sur un côté du dispositif de bridage (3) et un deuxième galet presseur (17) disposé sur l'autre côté du dispositif de bridage (3), les deux galets étant commandés en continu et une commande pour commander en continu les galets presseurs (16, 17).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les galets presseurs (16, 17) ont au moins deux directions de mouvement (10a, 10b, 11a, 11b).
7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les galets presseurs (16, 17) ont au moins trois directions de mouvement (10a, 10b, 11a, 11b, 13a).
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacun des galets presseurs (16, 17) est disposé par l'intermédiaire d'un bras (12, 13) pouvant se mouvoir autour d'un axe de rotation (12', 13') sur un porte-outil (10, 11) qui peut se déplacer linéairement dans deux directions perpendiculaires entre elles (10a, 10b, 11a, 11b) parallèlement ainsi que transversalement à la ligne médiane (6).
9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les galets presseurs (16, 17) sont disposés de façon à tourner librement sur le bras (12, 13) par l'intermédiaire d'un axe de galet (16', 17') s'étendant perpendiculairement à l'axe de rotation (12', 13') du bras (12, 13).
10. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la commande est une commande numérique par ordinateur.
11. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la commande comporte une commande de copie par gabarit.

35

40

45

50

55

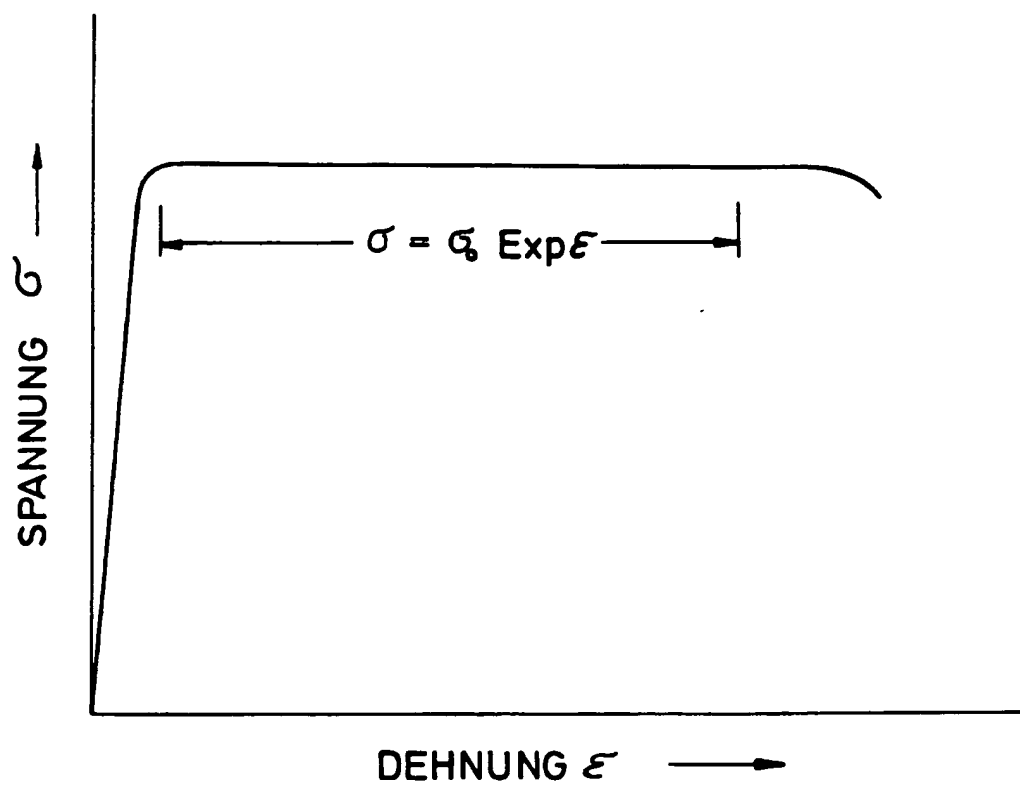
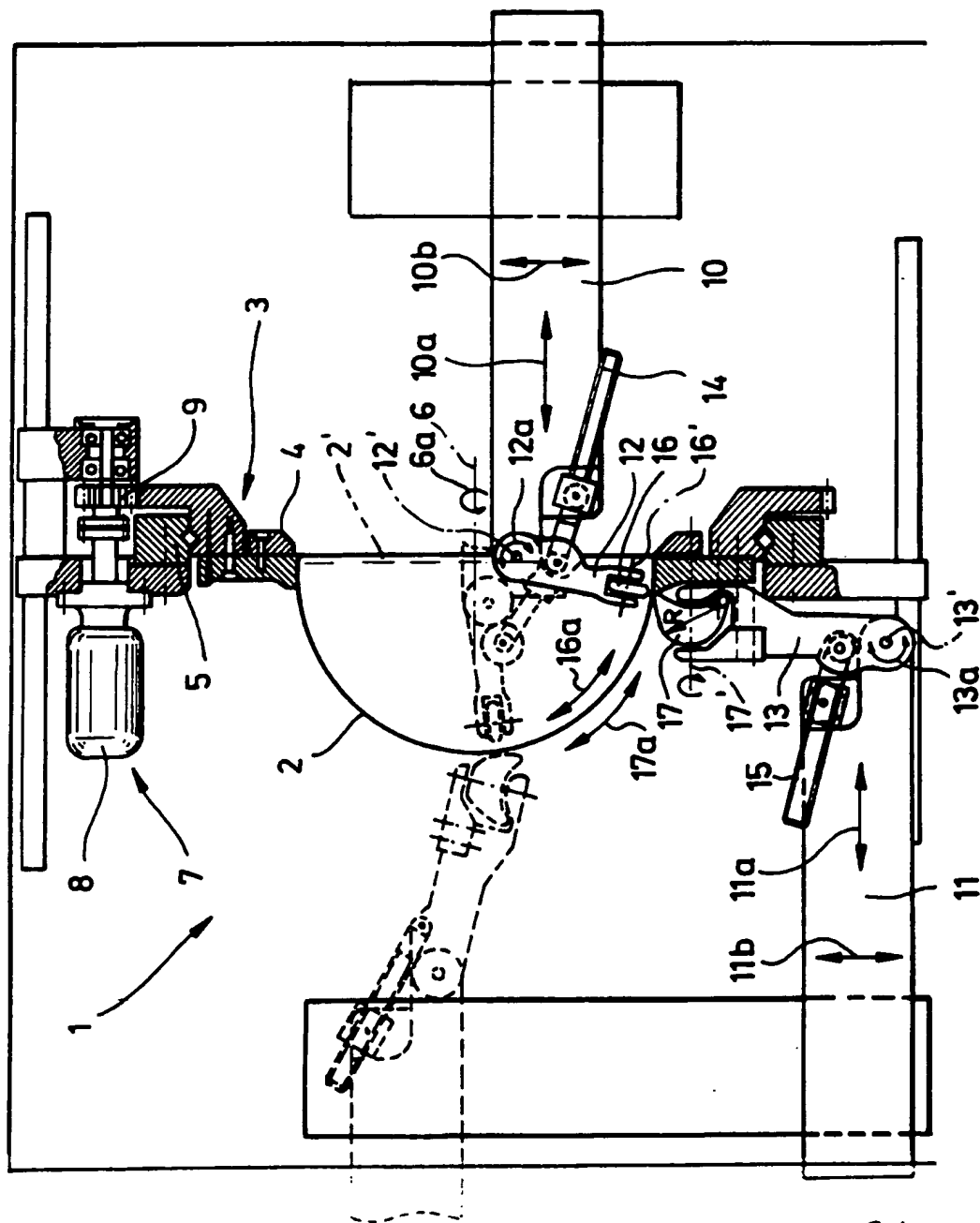


FIG.1





**FIG. 2**